

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-197969

(43)Date of publication of application : 11.07.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2001-390817

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD

(22)Date of filing : 25.12.2001

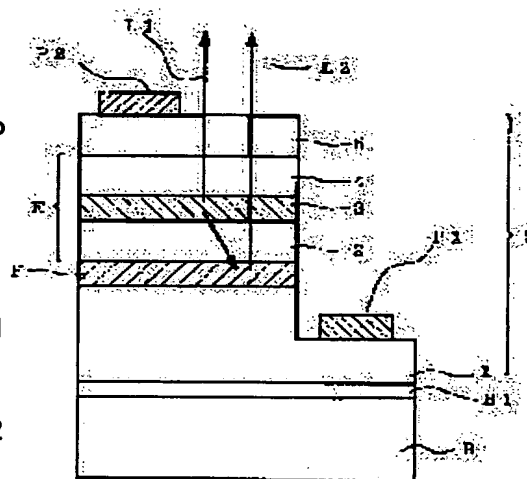
(72)Inventor : OKAGAWA HIROAKI
TADATOMO KAZUYUKI
OUCHI YOICHIRO

(54) GaN-BASED SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND LIGHT EMITTING DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaN-based light emitting element that is useful for constitution of a light emitting device emitting not only white light but also arbitrarily colored light, and to provide a light emitting device constituted by combining the GaN-based light emitting element with a phosphor.

SOLUTION: An auxiliary light emitting section F is attached to the GaN-based light emitting element having a laminated structure S composed of GaN-based crystalline layers and an element structure containing a light emitting section F in the structure S. The auxiliary light emitting section F emits photoluminescence light L2 when the section F is excited with the main light L1 emitted from the light emitting section E. The light emitting device is constituted by combining the GaN-based light emitting element with the phosphor so that the luminescence light L2 may be included in the output light of the device.



5: GaN系半導体発光素子
6: 発光部
7: 補助発光部
1: 基板
2: P-L光

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than withdrawal the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application] 28.12.2004

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-197969
(P2003-197969A)

(43) 公開日 平成15年7月11日 (2003.7.11)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

F 5 F 0 4 1

C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-390817(P2001-390817)

(22) 出願日 平成13年12月25日 (2001.12.25)

(出願人による申告) 「国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「高効率電光変換化合物半導体開発 (21世紀のあかり計画) エネルギー使用合理化技術開発」委託研究「産業活力再生特別処置法第30条の適用を受けるもの)」

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 岡川 広明

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 只友 一行

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100080791

弁理士 高島 一

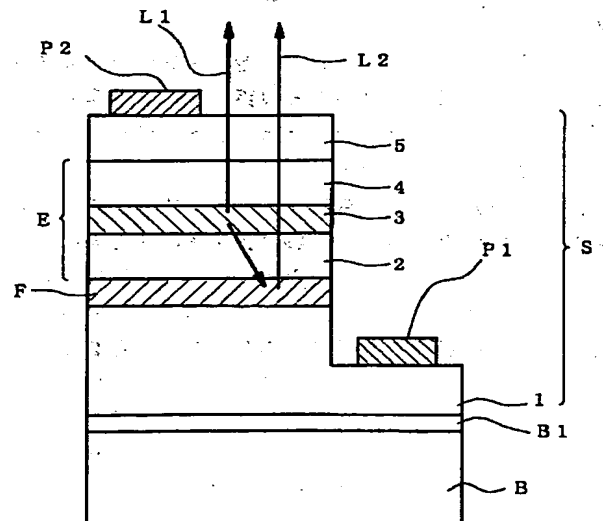
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GaN系半導体発光素子およびそれを用いた発光装置

(57) 【要約】

【課題】 白色光のみならず任意の有色光を発する発光装置の構成に有用なGaN系発光素子を提供し、かつ、該GaN系発光素子と蛍光体とを組み合わせた発光装置を提供することにある。

【解決手段】 GaN系結晶層からなる積層構造Sを有し、該積層構造Sに発光部Eが含まれた素子構造を有するGaN系発光素子に、副発光部Fを付与する。該副発光部Fは、発光部Eから発せられた主発光L1で励起されてフォトルミネッセンス光L2を発する層である。この発光素子と蛍光体とを組み合わせ、発光装置を構成し、フォトルミネッセンス光L2を出力光に含める。



S GaN系結晶層からなる積層構造
E 発光部
F 副発光部
L1 主発光
L2 PL光

【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系結晶層からなる積層構造を有し、該積層構造に、p型層とn型層とを有して構成される発光部が含まれた素子構造を有するGaN系半導体発光素子であって、

発光部から発せられた主発光で励起されてフォトルミネッセンス光を発するGaN系結晶からなる副発光部を、該積層構造内の結晶層としてまたは該積層構造外に付帯する部分として備えていることを特徴とする、GaN系半導体発光素子。

【請求項2】 当該GaN系半導体発光素子の素子構造が、結晶基板とその上に成長した上記積層構造とを有するものであって、副発光部が、発光部内の発光に係る層と結晶基板との間に位置している、請求項1記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項3】 当該GaN系半導体発光素子の素子構造が、結晶基板と、その上にn型層から先に成長した上記積層構造とを有するものであって、該積層構造は、上層側にp型電極を形成するためのp型コンタクト層を有し、該p型コンタクト層が副発光部を兼ねている、請求項1記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項4】 副発光部がInGaN層を有する、請求項1～3のいずれかに記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項5】 副発光部が、互いに異なる組成比のInGaN層を有する、請求項1～3のいずれかに記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項6】 副発光部が積層構造であって、該積層構造には、互いに異なる組成比のInGaN層および／または互いに同じ組成比のInGaN層が含まれている、請求項1～3のいずれかに記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項7】 フォトルミネッセンス光が赤色光を含んでいる、請求項1記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項8】 主発光が紫外線である、請求項1記載のGaN系半導体発光素子。

【請求項9】 上記請求項1～8のいずれかに記載のGaN系半導体発光素子と、該発光素子の主発光によって蛍光を発する蛍光体とが組み合わせられた構成を有し、該発光素子が発する主発光、フォトルミネッセンス光、および蛍光体が発する蛍光の中から選ばれる2以上の光を出力光として発することを特徴とする、発光装置。

【請求項10】 出力光が白色光となるように、上記GaN系半導体発光素子と蛍光体との組み合わせが選択されている、請求項9記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、2以上の波長光を発することが可能なGaN系半導体発光素子（以下、GaN系発光素子ともいう）、およびこれに蛍光体を組み合わせた発光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 GaN系半導体は、青色発光可能なバンドギャップの大きな材料として注目され、例えば、InGaNを発光層材料とした青色発光ダイオード（青色LED）や青色半導体レーザ（青色LD）が実用化された後、近年では、紫外LEDなども商品化されている。

【0003】 上記のように、青色～紫外のGaN系LEDが実用化されたことから、これに蛍光体を組み合わせ、白色発光可能なLED（白色LED）が検討されている。その1つの例として、青色LEDと黄色蛍光体とを組み合わせた白色LEDが挙げられる。この白色LEDの構成は、図4（a）に模式的に示すように、青色LEDチップを覆う樹脂モールド中に、黄色蛍光体（青色光で励起され黄色光を発する蛍光体）を分散させたものである。このような構成によって、蛍光体に吸収されず樹脂モールドを通過する青色光と、蛍光体からの黄色光とが混ざり合い、白色光が出力されているように見える。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、青色光と黄色光とを組み合わせた白色光は、色純度が悪く（即ち、3原色の光を完全には含んでおらず）、照明として用いるには好ましくない。一方、図4（b）に模式的に示すように、紫外LEDと、RGB白色蛍光体とを組み合わせ、色純度の良好な白色光を発生させる試みもなされている。RGB白色蛍光体は、LEDからの主発光に励起されて3原色（R、G、B、3波長）の蛍光を発する蛍光体成分を含むものである。3原色の混色による色純度の良好な白色光は、演色性が高く、好ましい照明用光源となり得る。

【0005】 しかし、このようなRGB白色蛍光体を用いたものは、特定色の蛍光についての変換効率、特に赤色についての変換効率が悪いために、該赤色蛍光体の含有量を増加して補正する必要がある。よって、そのために白色光の出力が弱くなるという問題がある。

【0006】 本発明の課題は、上記問題を解決し、白色光のみならず任意の有色光を発する発光装置の構成に有用なGaN系発光素子を提供し、かつ、該GaN系発光素子と蛍光体とを組み合わせた発光装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者等は、上記問題点を解決すべく研究を行った結果、GaN系半導体材料が、組成によっては赤色光を発することも可能であることに着目し、そのような組成のGaN系結晶を素子に付与することによって、好ましいGaN系発光素子、発光装置を構成し得ることを見出し、本発明を完成させた。即ち、本発明は、次の特徴を有するものである。

【0008】 （1） GaN系結晶層からなる積層構造を有し、該積層構造に、p型層とn型層とを有して構成さ

れる発光部が含まれた素子構造を有するGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子であって、発光部から発せられた主発光で励起されてフォトルミネッセンス光を発するGa_{0.9}N_{0.1}系結晶からなる副発光部を、該積層構造内の結晶層としてまたは該積層構造外に付帯する部分として備えていることを特徴とする、Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0009】(2) 当該Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子の素子構造が、結晶基板とその上に成長した上記積層構造とを有するものであって、副発光部が、発光部内の発光に係る層と結晶基板との間に位置している、上記(1)記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0010】(3) 当該Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子の素子構造が、結晶基板と、その上にn型層から先に成長した上記積層構造とを有するものであって、該積層構造は、上層側にp型電極を形成するためのp型コンタクト層を有し、該p型コンタクト層が副発光部を兼ねている、上記(1)記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0011】(4) 副発光部がIn_{0.1}Ga_{0.9}N層を有する、上記(1)～(3)のいずれかに記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0012】(5) 副発光部が、互いに異なる組成比のIn_{0.1}Ga_{0.9}N層を有する、上記(1)～(3)のいずれかに記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0013】(6) 副発光部が積層構造であって、該積層構造には、互いに異なる組成比のIn_{0.1}Ga_{0.9}N層および／または互いに同じ組成比のIn_{0.1}Ga_{0.9}N層が含まれている、上記(1)～(3)のいずれかに記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0014】(7) フォトルミネッセンス光が赤色光を含んでいる、上記(1)記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0015】(8) 主発光が紫外線である、上記(1)記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子。

【0016】(9) 上記請求項(1)～(8)のいずれかに記載のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子と、該発光素子の主発光によって蛍光を発する蛍光体とが組み合わせられた構成を有し、該発光素子が発する主発光、フォトルミネッセンス光、および蛍光体が発する蛍光の中から選ばれた2以上の光を出力光として発することを特徴とする、発光装置。

【0017】(10) 出力光が白色光となるように、上記Ga_{0.9}N_{0.1}系半導体発光素子と蛍光体との組み合わせが選択されている、上記(9)記載の発光装置。

【0018】

【発明の実施の形態】 先ず、本発明によるGa_{0.9}N_{0.1}系発光素子(当該発光素子)を説明する。図1に素子構造の一例を示すように、当該発光素子は、Ga_{0.9}N_{0.1}系結晶層1～6からなる積層構造Sを有し、該積層構造Sには、n型層2、発光層3、p型層4を有して構成される発光部Eが含まれている。当該発光素子の重要な特徴は、副発光

部Fを備えている点であって、該副発光部Fは、発光部Eから発せられた主発光L1によって励起され、フォトルミネッセンス光(以下、PL光ともいう)L2を発するGa_{0.9}N_{0.1}系結晶からなる部分である。同図の例では、該副発光部Fは、該積層構造内の結晶層となっているが、後述のように該積層構造外に付帯する層や部分であってもよい。

【0019】上記構成とすることによって、当該発光素子から発せられる光には、主発光L1と、任意の波長のPL光L2とを含めることができる。これによって、例えば、当該発光素子と蛍光体とを組み合わせると1つの発光装置を構成する場合には、該PL光を新たな波長成分として出力光に追加することもでき、また、蛍光体から発せられる特定の波長光を該PL光によって補強することも可能になる。よって、過度な蛍光体の使用を解消することも可能になる。

【0020】当該発光素子は、LED、LDなどであってもよいが、以下に、LEDを例として挙げて本発明の説明を行う。また、素子構造にも限定は無いが、図1に例示するように、結晶基板B上に積層構造Sを気相成長させたものを例として説明する。該積層構造S中のp型、n型の層は、どちらが下側(結晶基板側)であってもよいが、高品質な結晶を得やすいことなどの製造上の理由から、n型の層を下側とする態様が好ましい。以下、n型の層を下側として素子構造を説明するがこれに限定されるものではない。

【0021】発光部は、電流注入によって光を発生し得るようにn型層とp型層とを有して構成され、発光に係る層(発光層)を持つ。p-n接合(2層)構造の発光層は空乏層である。好ましい発光部の構造としては、量子井戸構造(単一量子井戸(SQW)構造、多重量子井戸(MQW)構造、SQW構造が積層されたものなど)、DH構造が挙げられる。図1、2では、発光層を符号3で示しているが、n型クラッド層/量子井戸構造/p型クラッド層の構成による発光部の構造では、厳密には発光層はその中の井戸層である。

【0022】副発光部はGa_{0.9}N_{0.1}系材料からなり、[主発光波長≤PL光波長]、特に[主発光波長<PL光波長]となるように、Ga_{0.9}N_{0.1}系材料の組成比を決定すればよい。

【0023】主発光は、青色光などであってもよいが、従来の技術の説明でも述べたように、紫外LEDとRGB白色蛍光体との組み合わせは色純度が好ましいので、主発光を紫外線とする態様が好ましい。

【0024】主発光とPL光との波長の組み合わせは限定されないが、例えば、従来の技術で述べたように、紫外LEDとRGB白色蛍光体とを組み合わせた白色LEDとする構成では、蛍光体の変換効率に起因して赤色成分の光が欠乏するという問題がある。従って、PL光を問題の赤色光の補強用に用いることは好ましい態様であ

る。

【0025】Ga_N系結晶によって得られる紫外線の波長は300nm～430nmである。紫外線発光可能なGa_N系結晶のなかでも、In_xGa_{1-x}N (0.02 ≤ x ≤ 0.12、このときの発光波長375nm～430nm)は、出力が大きく好ましい材料である。該In_xGa_{1-x}Nには、必要に応じてAl組成を加えてもよい。

【0026】RGB白色蛍光体で問題とする赤色光とは、波長590nm～720nm程度の光である。副発光部からこのような赤色光を発生させる場合には、該赤色光がPL光として発生するように、副発光部に用いられるGa_N系材料の組成比を適宜決定すればよい。

【0027】前記の赤色光をより具体的に例示すると、RGB白色蛍光体に含まれる赤色蛍光体（例えばErドープY₂O₂S）から発せられる赤色蛍光は、波長590nm～630nmに数本の半値幅の狭いピークを有し、720nm付近にピークを有する。InGa_NのIn組成を50%程度とすると、中心波長650nmのブロードな発光が得られ、蛍光体と同等の赤色光を発し得る。

【0028】副発光部の配置位置は限定されないが、大きくは次の3種類に分けることができる。これらの態様は併設してもよい。

①発光層と結晶基板との間。

②発光層よりも上方。

③Ga_N系積層構造外の任意の位置。

【0029】上記①の態様は、図1に示すように、副発光部がn型側の結晶層として配置される態様である。副発光部は、それ自体だけのために独立した層でもよいが、n型コンタクト層、n型クラッド層などとの兼用層でもよく、これらの層を多層構造としてその中に含めてもよい。また、結晶基板がGa_N系結晶である場合には、該結晶基板と副発光部とを兼用し、上記①の態様に含めてもよい。

【0030】上記②の態様は、副発光部が、p型側の結晶層（クラッド層をも含む）として配置される態様である（図2(a)）。上記①の場合と同様、副発光部は、独立した層として設けてもよいが、p型コンタクト層、p型クラッド層などと兼用してもよく、また、これらの層を多層構造としてその中に含めてもよい。

【0031】上記②の態様において、p型コンタクト層をInGa_Nからなる副発光部で兼用することは、好ましい態様の1つである。即ち、p型Ga_Nコンタクト層を用いた従来のGa_N系発光素子では、p型コンタクト抵抗が、 $1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$ 程度と高く、良いものでも $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ 程度である。これに対して、InGa_Nをp型コンタクト層の材料として用いることが報告されている。これによると、アクセプタ準位が浅くなり、Hall濃度が増加するという利点や、コンタクト抵抗が $1 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$ 程度にまで下がるという利点

が得られるとされている。

【0032】しかしながら、上記のような報告は、あくまでコンタクト層だけの改善に着目したものであって、発光層の材料よりもバンドギャップの小さいInGa_Nをp型コンタクト層に用いた場合、通常の実装方向では、p型コンタクト層が主発光取り出し側の最上層として位置するため、この層での吸収により主発光の出力が低下するという問題がある。これに対して、本発明では、単にInGa_Nをp型コンタクト層に用いるだけでなく、該InGa_Nの組成を必要なPL光（赤色光など）を発する組成へと限定する。これによって、p型InGa_Nコンタクト層の上記利点を得ながらも、同時に、PL光によって、目的の波長光の追加や補強が可能となる。

【0033】上記③の態様では、例えば、結晶基板の裏面など、Ga_N系積層構造以外の任意の位置であってよい。上記①、②の態様、特に①では、副発光部の結晶品質が発光層の結晶品質（ひいては発光効率）に大きく影響するので重要であるのに対して、この③の態様にでは、上記①、②の態様に求めるほど高品質な結晶でなくともよい。

【0034】副発光部は、単一の層とするだけでなく、必要な波長光の分だけ、異なる組成比のGa_N系結晶層を有するものであってもよい。また、副発光部のGa_N系結晶の組成を1種類だけとする場合であっても、強いPL光を発生させるには、厚い層が必要である。しかし、副発光部にInGa_Nを用いる場合、InGa_Nの膜厚を厚くすると結晶品質が低下し、PL光が弱くなる。厚膜にする事は好ましくない。この問題は、複数種のInGa_N層を厚く積層する場合も同様である。そこで、副発光部の構造を、InGa_N/Ga_N/InGa_N/Ga_N/InGa_Nのように、高品質成長可能なGa_N系結晶層を介して多層に分散させることによって、結晶の品質を低下させることなく、しかも、トータルとして必要なInGa_N層の厚さが得られる。

【0035】本発明でいうGa_N系半導体とは、In_xGa_yAl_zN (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ z ≤ 1, x + y + z = 1) で示される化合物半導体であって、例えば、AlN、Ga_N、AlGa_N、InGa_Nなどが重要な化合物として挙げられる。

【0036】素子構造の形成に用いられる結晶基板は、Ga_N系結晶が成長可能なものであればよい。好ましい結晶基板としては、例えば、サファイア（C面、A面、R面）、SiC（6H、4H、3C）、Ga_N、AlN、Si、スピネル、ZnO、GaAs、NGOなどが挙げられる。また、これらの結晶を表層として有する基材であってもよい。なお、基板の面方位は特に限定されなく、更にジャスト基板でも良いしオフ角を付与した基板であっても良い。

【0037】Ga_N系発光素子の基本的な素子構造に加

えて、GaN系結晶の転位などの結晶欠陥密度を低下させるための種々の構造・手法（低温成長バッファ層、選択成長可能な構造）や、発光層で発生した光をより多く外部に取り出すための種々の構造（電極構造、反射層構造、上下を逆に実装し得るフリップチップ構造など）などを適宜設けることが好ましい。

【0038】GaN系結晶層の成長方法としては、HVPE法、MOVPE法、MBE法などが挙げられる。薄膜を作製する場合はHVPE法が好ましく、薄膜を形成する場合はMOVPE法やMBE法が好ましい。

【0039】次に、本発明による当該発光素子と、蛍光体とを組み合わせた発光装置について説明する。当該発光装置は、図3に示すように、当該発光素子10と、該発光素子の主発光L1によって蛍光L3を発する蛍光体20とを組み合わせた構成を有する。よって、当該発光装置の出力光は、図3に示すように、（発光素子の主発光L1、PL光L2、蛍光体が発する蛍光L3）の中から選ばれる2以上の光を含むものとなる。

【0040】主発光L1を特定の有色光とし、PL光L2、蛍光L3と共に3者を全て出力してもよいが、主発光L1を紫外線とし、蛍光体にRGB白色蛍光体を用いて、RGB白色光の蛍光L3を出力させ、かつPL光L2を色度の補正用として用いる態様が好ましい。これによって、発光素子10の温度上昇等に伴う出力光の色度の変化が抑制され、また、当該発光素子から意図的に放出させているPL光の有用性が顕著となる。図3の例では、主発光（紫外線）L1は紫外線反射膜によって出力させず、PL光（赤色光）L2と、蛍光（RGB白色光）L3だけを出力光としており、蛍光L3の赤色光欠乏をPL光L2で補強し、3原色光のバランスの取れた演色性良好な白色光としている。

【0041】蛍光体は、公知の材料を用いてもよい。代表的な3原色のものを挙げると、赤色蛍光体材料として $Y_2O_2S:Eu$ （「:Eu」は、Euの添加を表す。以下同様）、緑色蛍光体材料として $BaMgAl_{10}O_{17}$ （Eu、Mn）、青色蛍光体材料として $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ などが挙げられる。RGB白色蛍光体は、これらを組み合わせればよい。

【0042】上記した蛍光体の材料は、蛍光を発する物質そのものであって、実際に蛍光体として当該発光素子と組み合わせる発光装置を構成する場合には、塗布可能な蛍光塗料や、組立て可能な蛍光体部品などとするのが好ましい態様である。そのために、該蛍光体の材料に対して、種々の基材との混ぜ合わせ、化合、基板への担持、固化など、種々の加工を施してもよい。発光素子と蛍光体とを組み合わせる1つの発光装置とするための結合方法、結合構造自体は、公知技術を参照してもよい。

【0043】

【実施例】実施例1

本実施例では、当該発光素子として、主発光（波長38

2nmの紫外線）と、赤色のPL光（波長650nm）を発するGaN系LEDを製作し、これにRGB白色蛍光体を組み合わせて、白色発光可能な発光装置（白色LED）を形成した。

【0044】素子構造は、図1に示すように、副発光部を結晶基板と発光部との間に位置させる態様とした。また、発光装置の構造は、発光素子全体にRGB白色蛍光体材料を塗布し、発光素子をRGB白色蛍光体材料で覆う態様とした。

【0045】（発光素子の製作）MOVPE装置にC面サファイア基板を装着し、水素雰囲気下で1100℃まで昇温し、サーマルエッチングを行った。温度を500℃まで下げ、III族原料としてトリメチルガリウム（以下TMG）を、N原料としてアンモニアを流し、厚さ30nmのGaN低温バッファ層を成長させた。

【0046】続いて温度を1000℃に昇温し、原料としてTMG、アンモニア、 SiH_4 を流し、Siドープのn型GaN結晶層（コンタクト層）を3μm成長させた。

【0047】（副発光部）さらに、温度を700℃とし、原料としてトリメチルインジウム（以下TMI）、TMG、アンモニアを流し、n型 $In_{0.5}Ga_{0.5}N$ 結晶層を7nm成長させ副発光部とした。

【0048】温度を1000℃に上げSiドープのn型GaN結晶層（クラッド層）を1μm成長させた。

【0049】（発光部）さらに、温度を740℃とした後、GaN障壁層（Siを $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ 添加、厚さ10nm）と、 $InGaN$ 井戸層（主発光波長382nm、In組成3%、厚さ3nm）とのペアを、4ペア形成し、p層に接する最後のGaN障壁層（Siを $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ 添加、厚さ20nm）を形成し、MQW構造とした。

【0050】温度を1000℃に昇温後、厚さ30nmのp型AlGaInクラッド層4、厚さ50nmのp型GaNコンタクト層を順に形成し、主発光部と副発光部とを備えた紫外LEDウエハとし、さらに、電極形成、素子分離を行い、本発明によるInGaIn紫外LED（ベアチップ状態）とした。

【0051】この紫外LEDの出力を、ベアチップ状態、20mA通電にて測定したところ、5.5mWであった。発光スペクトルは主発光のピークが382nmにあり、PL光のピークが650nmである物が得られた。主発光とPL光のピーク強度の比は10:1であった。

【0052】（発光装置の組み立て）R・G・B蛍光体をSi樹脂の中に分散させた物を用意し、上記紫外LEDを覆う様に塗布し、更にその周りをポリカーボネート樹脂で覆い、本発明による発光装置を得た。

【0053】得られた発光装置から出力として発せられた白色光は、15〔ルーメン/W〕であって、R・G・

【0054】 实施例2

【0055】 先ず、発光素子（InGaN紫外LED）段階での評価として、この素子の出力を、ベアチップ状態、20mA通電にて測定したところ、実施例1と同じ出力5.5mWが得られた。また、実施例1の素子と比べて、20mA動作時の電圧が0.1V低下していた。これは、InGaNコンタクト層の導入によって、p型電極との接触抵抗が低下した為と考えられる。発光スペクトルは、実施例1と同様、主発光のピークが382nmにあり、PL光のピークが650nmにあり、主発光とPL光のピーク強度の比は10:1であった。発光装置（白色LED）としての評価では、出力として発せられた白色光は、15〔ルーメン/W〕であって、実施例1と同様、赤色光の不足が補正された好ましい演色性を示す白色光となっていることがわかった。

上記実施例 1 において副発光部を設けなかったこと以外は、上記実施例 1 と同様に、発光素子（従来の紫外 LED）、発光装置（従来の白色 LED）を製作した。発光素子段階での評価として、この紫外 LED の主発光ピーク 382 nm についての出力を、ペアチップ状態、20 mA 通電にて測定したところ、5 mW であった。発光装置としての評価では、出力として発せられた白色光は、12 [ルーメン/W] であったが、R・G・B 蛍光体の蛍光バランスに起因する赤色光の不足によって、青みがかった白色光であった。

本比較例では、比較例 1 における白色光の赤色光不足を、赤色蛍光体の増量によって補う実験を行った。R・G・B 蛍光体に含まれる赤色蛍光体の量を、種々の値に増加したこと以外は、比較例 1 と同様にして発光装置を複数製作した。発光装置の出力として発せられた白色光を評価した結果、実施例 1 と同様の色味を得る為には、赤色蛍光体の量を比較例 1 の 3 倍にする必要があった。また、そのときの白色光は 5 [ルーメン/W] であり、赤色蛍光体の増量の影響を受けて暗くなることがわかった。

【発明の効果】本発明によるGaIn系発光素子は、主発光と共に有用なPL光を発することができ、該PL光の作用によって、3原色光の各出力バランスのとれた白色光や、その他、任意に補正された有色光を発する発光装置を提供することが可能となった。

【図1】本発明によるGa₂N系発光素子の素子構造例を示す模式図である。ハッチングは、領域を区別し、特定部分を強調するためだけに施している。

【図2】本発明によるGaN系発光素子の他の素子構造例を示す模式図である。

【図3】本発明による発光装置の構成例を模式的に示す断面図である。

【図4】従来の白色LEDの構成例を示す図である。

【符号の説明】

S GaN系結晶層からなる積層構造

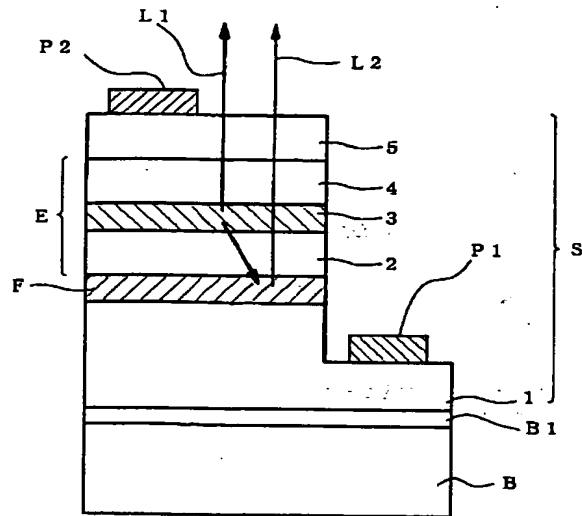
E 発光部

F 副発光部

L 1 主発光

L2 PL光

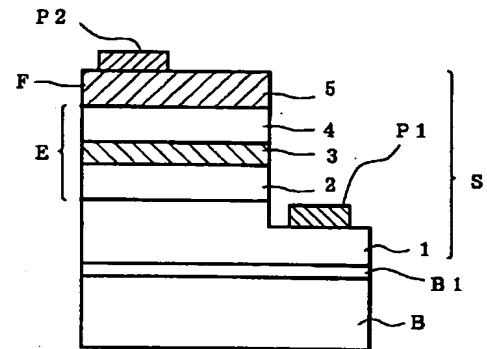
【図1】



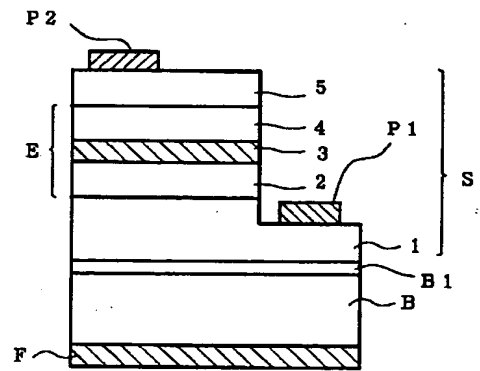
- S GaN系結晶層からなる積層構造
 E 発光部
 F 副発光部
 L1 主発光
 L2 PL光

【図2】

(a)

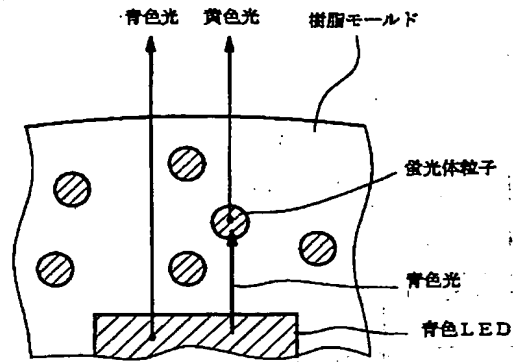


(b)

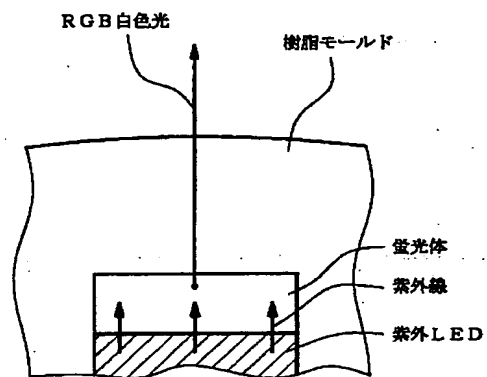


【図4】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72) 発明者 大内 洋一郎
 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
 工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 5F041 AA11 AA12 CA04 CA05 CA12
 CA34 CA40 CA65 CA66 CA67
 DA12 DA46 EE25